

**Cursos Abiertos de
Programación de
Sistemas Embebidos
(CAPSE)**

**Workshop del
Simposio Argentino
de Sistemas
embebidos (SASE)**

**Curso de diseño de
circuitos impresos
(CESE-FiUBA)**

**Cursos de robótica y
embebidos del Instituto
Nacional de Educación
Tecnológica (INET)**

**Taller de Electrónica
(DIIT-UNLaM)**

GLOSARIO

Conceptos básicos de los circuitos esquemáticos

Preparado por:
• Diego Brengi

Software de diseño de PCBs

El software de diseño de PCB es la principal herramienta para el desarrollo del circuito impreso.

Esta dividido en dos grandes partes principales: Ingreso de esquemático (schematic capture) y dibujo del PCB (PCB layout).



Algunos de los programas GRATUITOS más conocidos son:

- Kicad
- Fritzing
- FreePCB
- Geda
- ZenitPCB
- Osmond PCB
- ExpressPCB CAD
- DesignSpark PCB

Algunos de los programas PAGOS más conocidos son:

- Altium (ex Protel)
- AutoTrax
- Eagle
- CADSTAR
- PADS
- Allegro
- Orcad

INGRESO
DE
ESQUEMÁTICO



DIBUJO DEL
CIRCUITO
IMPRESO

Si bien existe una metodología general para el diseño de un PCB, el software utilizado definirá algunos métodos, procedimientos y flujos de trabajo particulares asociados al mismo.

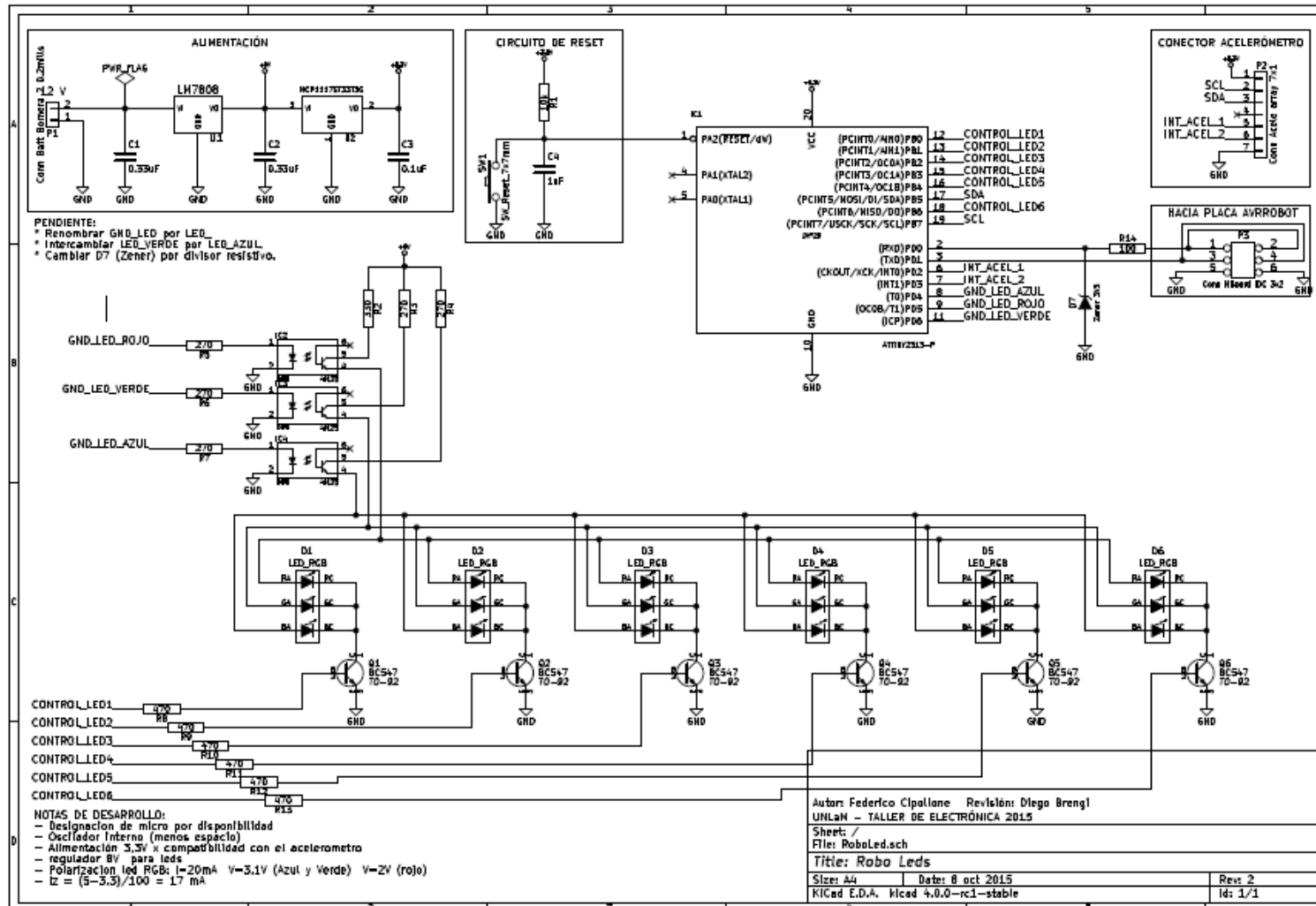
De las alternativas gratuitas, KiCad es sin dudas la más completa y avanzada.

Comparativa:

https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_EDA_software

Esquemático

Un **esquemático** es una representación pictórica de un circuito eléctrico. Muestra los diferentes componentes del circuito de manera simple y con **símbolos uniformes** de acuerdo a normas. Además muestra las **conexiones de alimentación y de señal** entre los distintos dispositivos.



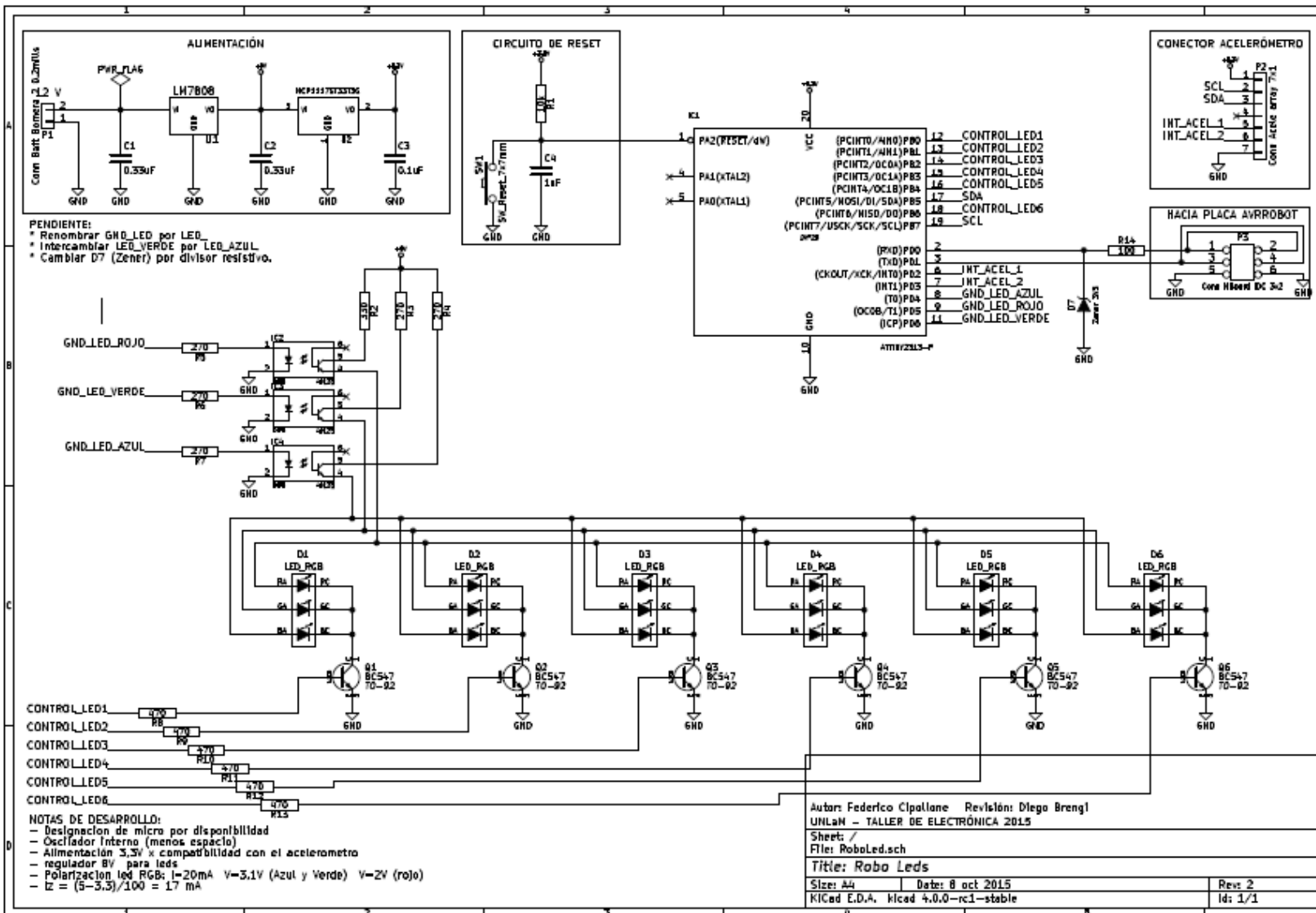
El arreglo de los componentes e interconexiones en el esquema no corresponde a sus ubicaciones físicas en el dispositivo terminado, pero sí nos brinda pautas de proximidad o asociaciones.

Definición obtenida de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_electr%C3%B3nico

Esquemático - Única hoja

Podemos tener diseños esquemáticos de solo una hoja.



VENTAJAS

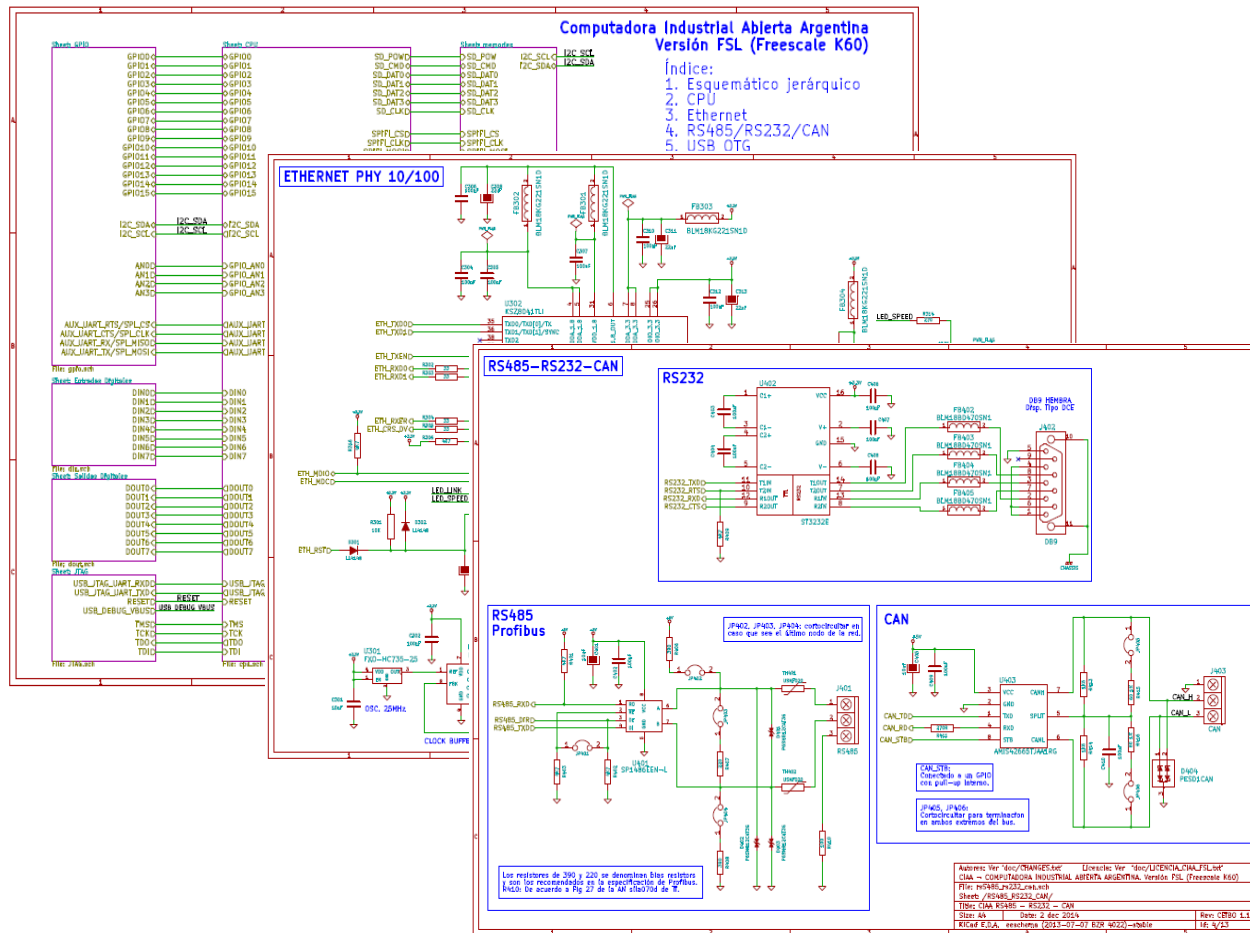
- Se ven fácilmente.
- Fácil de seguir.
- Fácil de editar.

DESVENTAJAS

- No permiten muchos componentes.
- Poco usado en diseños complejos.

Esquemático - Múltiples hojas

Podemos tener diseños esquemáticos de múltiples hojas, generalmente utilizados en diseños complejos.



VENTAJAS

- Permiten muchos componentes.
- Permiten organizar las hojas según los subcircuitos del diseño.

DESVENTAJAS

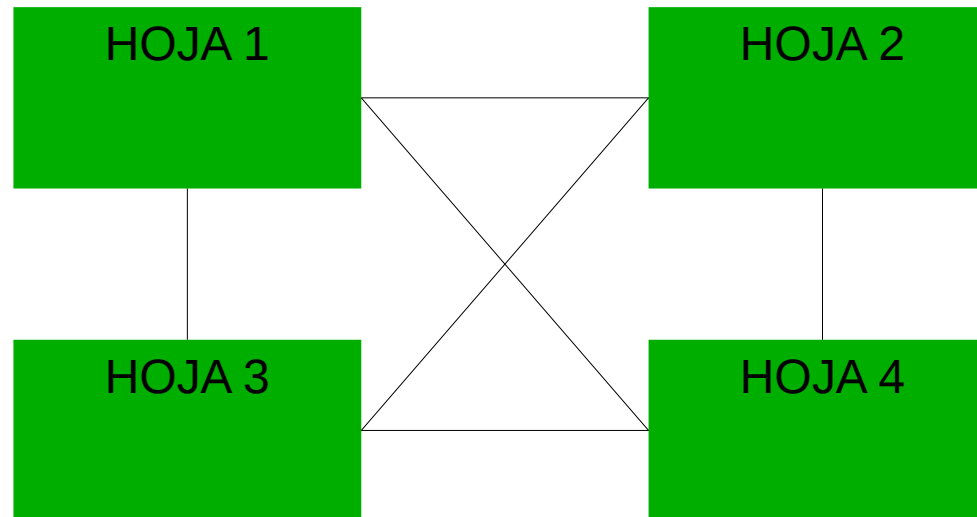
- Es más compleja su comprensión y el seguimiento de señales.

ATENCIÓN

Un esquemático en múltiples hojas puede ser plano o jerárquico.

Esquemático - Múltiples hojas - Sin jerarquía o plano

Significa que todas las hojas están interconectadas entre sí. Básicamente, una señal puede ir de una hoja a cualquier otra (etiquetas globales). Todas las hojas están al mismo nivel y cualquier hoja podría relacionarse con cualquier otra.

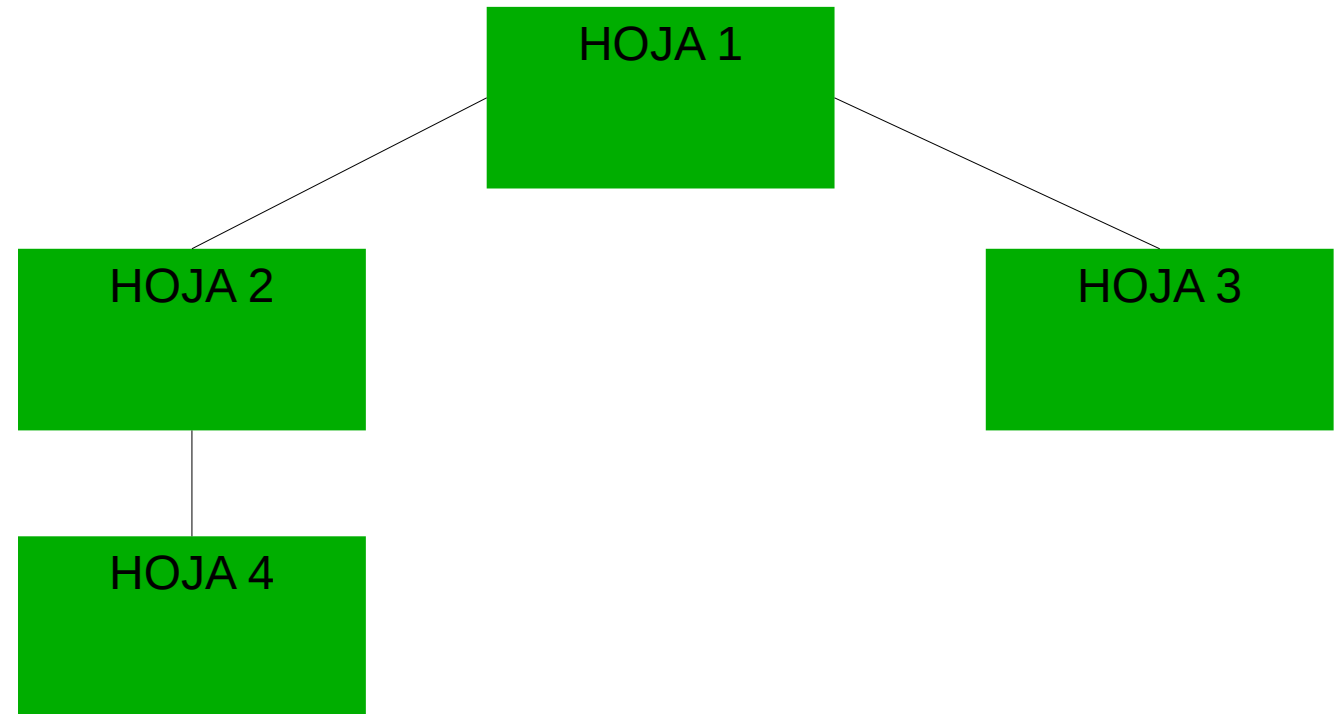


Esquemático - Múltiples hojas - Jerarquía

Las hojas se conectan entre ellas mediante un esquema organizado y definido por el diseñador. El esquema de jerarquía puede ser simple o complejo. En el diseño jerárquico, está “casi” prohibido el uso de etiquetas globales.

VENTAJAS

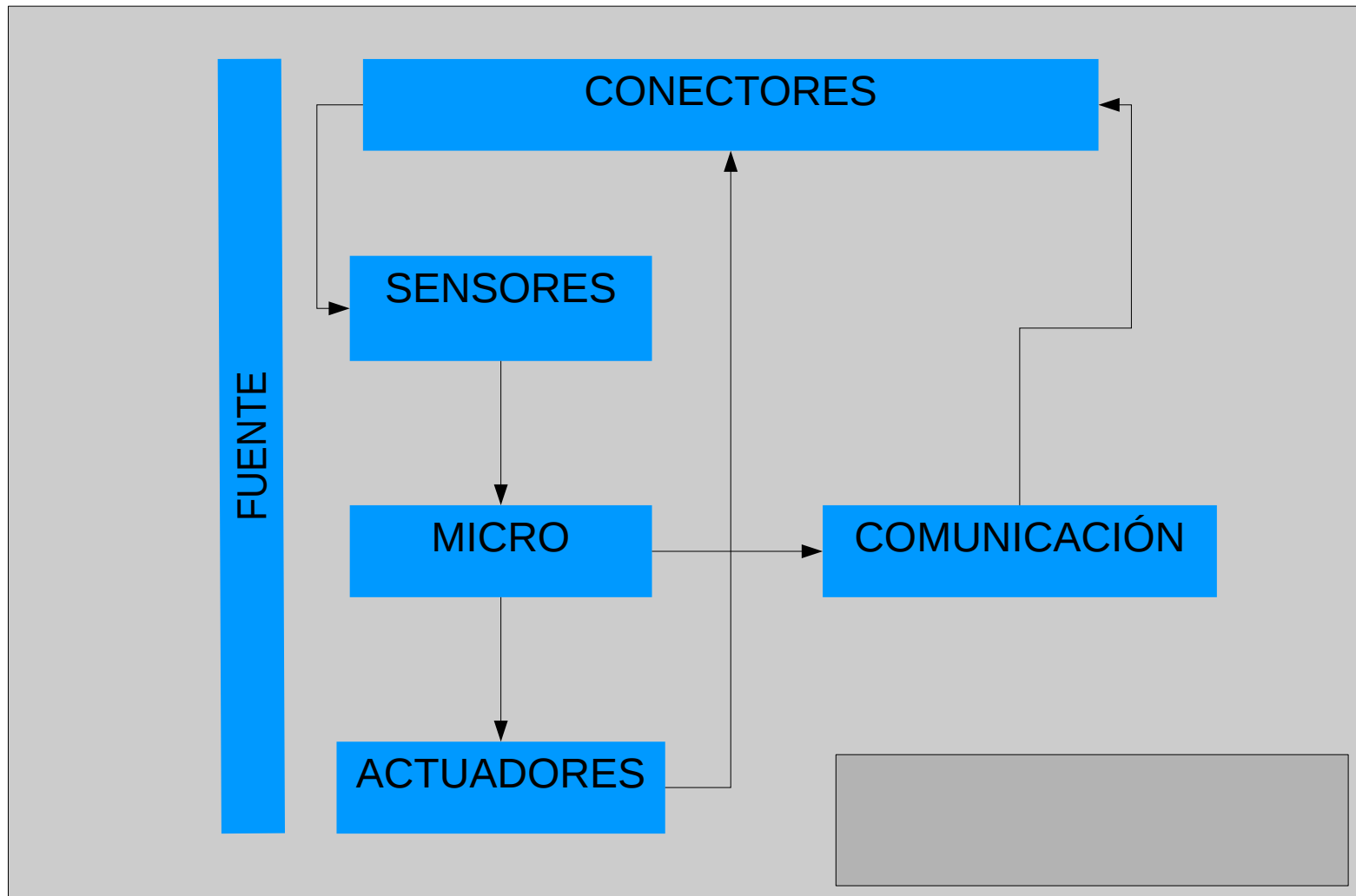
- La jerarquía, si está bien aplicada, refleja la organización del circuito.
- Cada hoja se puede considerar como un módulo con entradas y salidas bien definidas.
- Facilita el trabajo en grupo.
- Facilita el seguimiento cuando el diseño es multihoja.



Artículo sobre esquemático jerárquico vs. plano:
http://www.eetimes.com/author.asp?doc_id=1285266

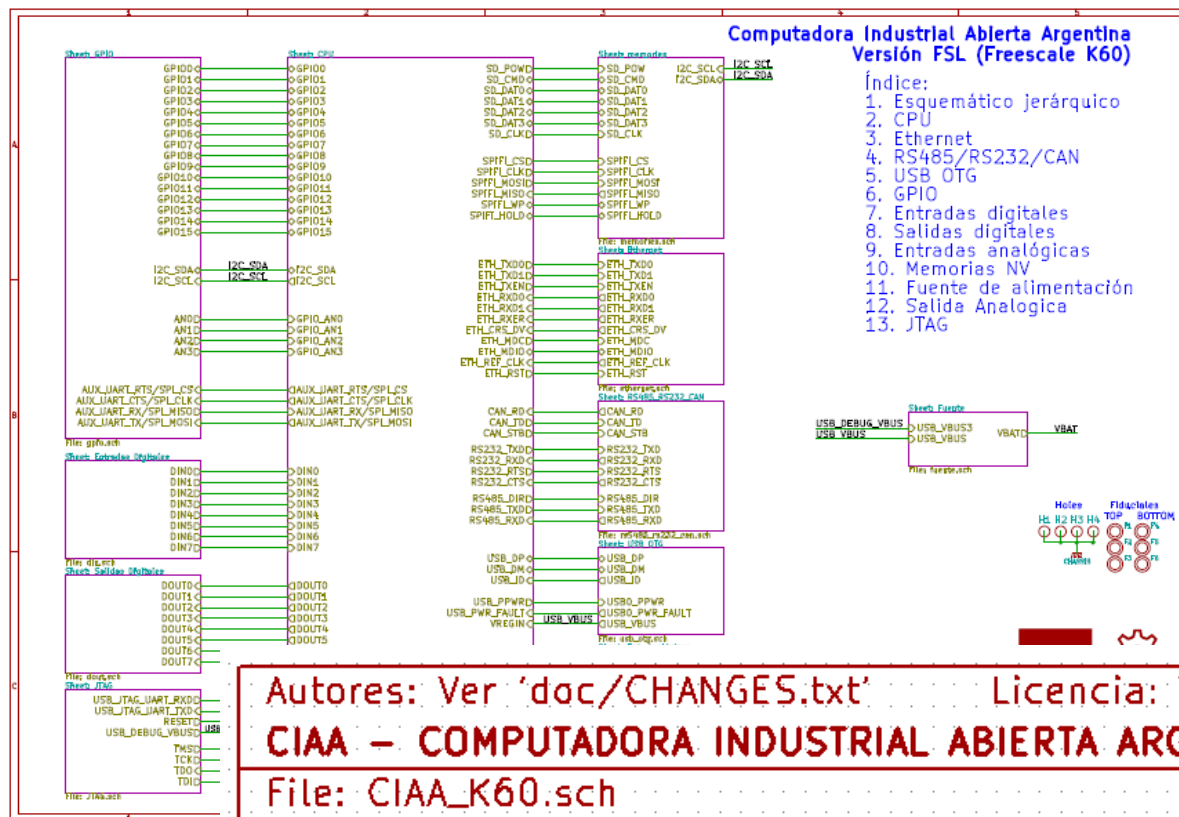
Esquemático - Diagrama en bloques

En esquemáticos de múltiples hojas, se puede comenzar con un diagrama en bloques general que ayuda a comprender el circuito que seguirá. Puede que no esté directamente relacionado con la estructura jerárquica.



Esquemático - Rótulo

El rótulo es de gran importancia, ya que detalla información como el nombre del proyecto, los autores, la revisión, la cantidad de hojas, etc.



Autores: Ver 'doc/CHANGES.txt'

Licencia: Ver 'doc/LICENCIA_CIAA_FSL.txt'

CIAA – COMPUTADORA INDUSTRIAL ABIERTA ARGENTINA. Versión FSL (Freescale K60)

File: CIAA_K60.sch

Sheet: 7

Title: CIIA Freescale – Esquemático jerárquico

Size: A4

Date: 2 dec 2014

Rev: CEIBO 1.1

KiCad E.D.A. eeschema (2013-07-07 BZR 4022)-stable

Id: 1/13

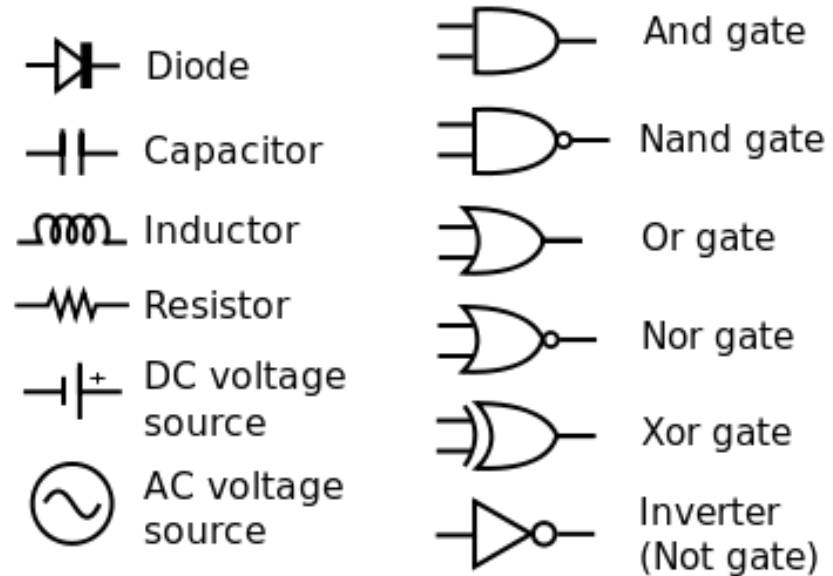
Símbolos del esquemático

Los símbolos del esquemático representan principalmente los componentes electrónicos.

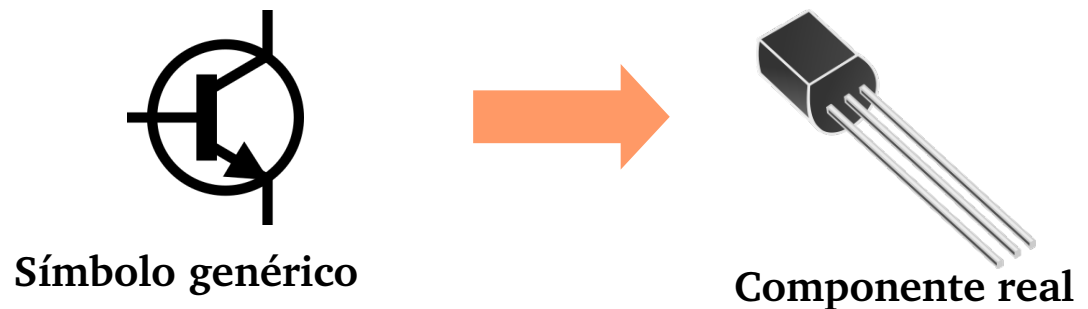
Aunque cada software tiene sus propios símbolos, hay normas que los estandarizan:

- IEC 60617.
- IEEE Std 315 (ANSI Y32.2).
- IEEE Std 91/91a.

Dependiendo el software, también se usan símbolos para representar logos del PCB, agujeros de sujeción, marcas fiduciales y otros elementos del PCB que no son componentes electrónicos.

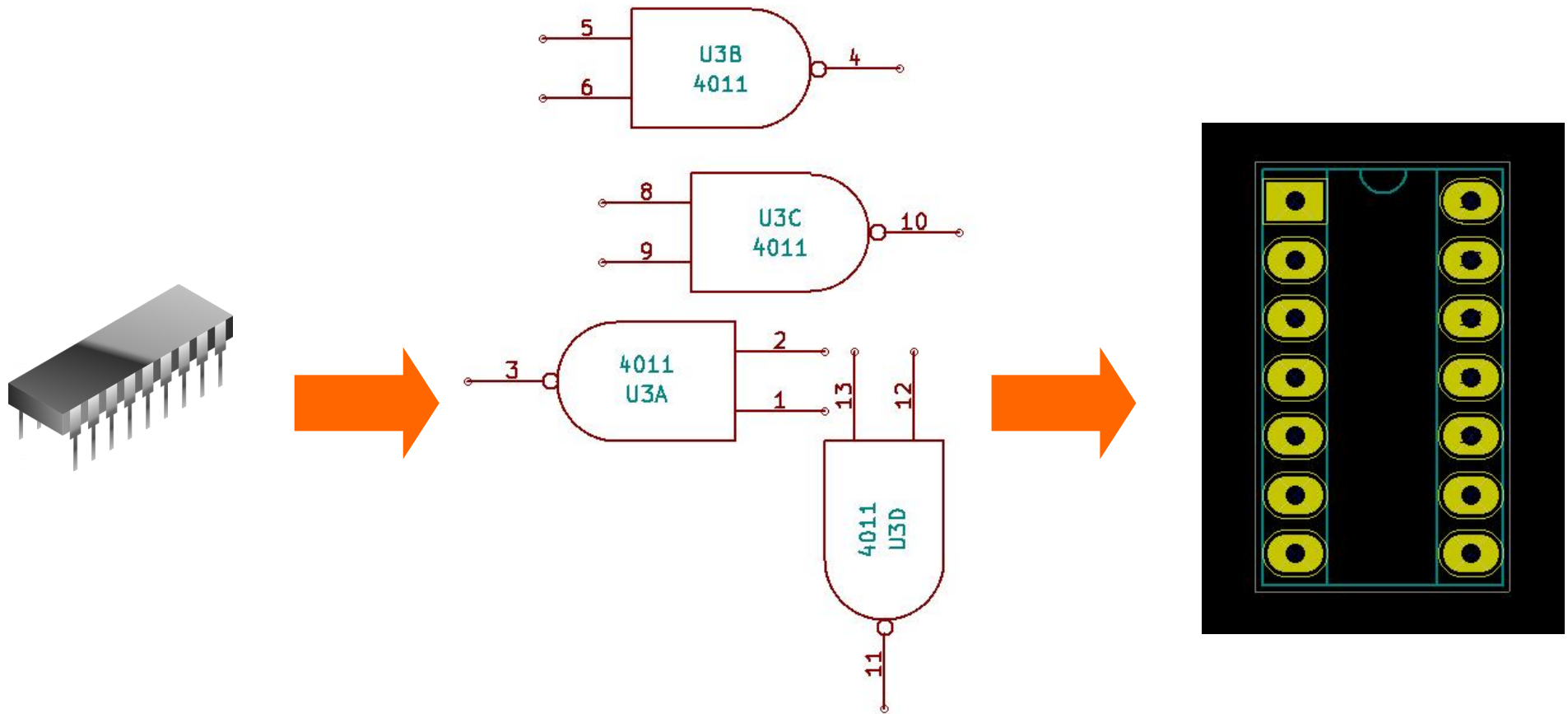


https://en.wikipedia.org/wiki/File:Circuit_elements.svg



Símbolos del esquemático - multiparte regular

Los componentes con varias unidades iguales pueden representarse en un símbolo multiparte.



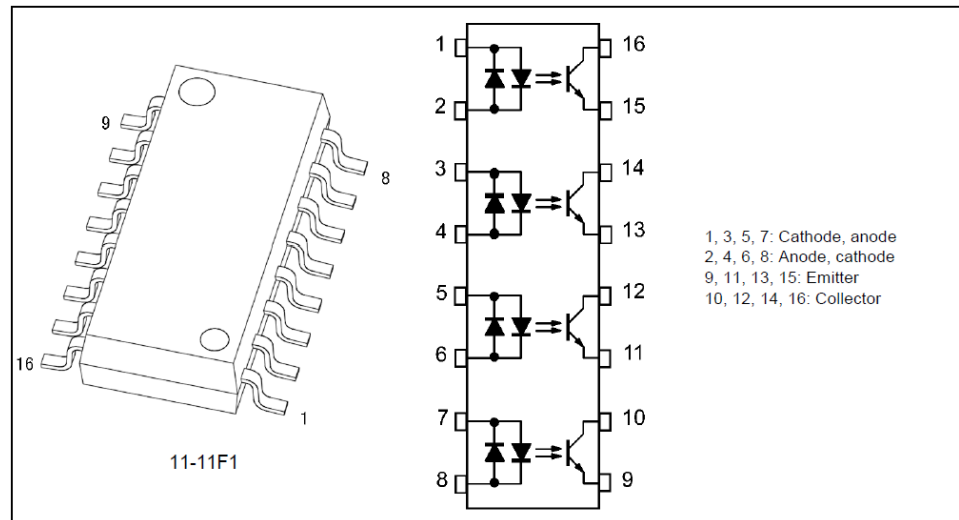
Encapsulado

Símbolo multiparte

Huella en PCB

Símbolos del esquemático - multiparte regular

Los componentes con varias unidades iguales pueden representarse en un símbolo multiparte.

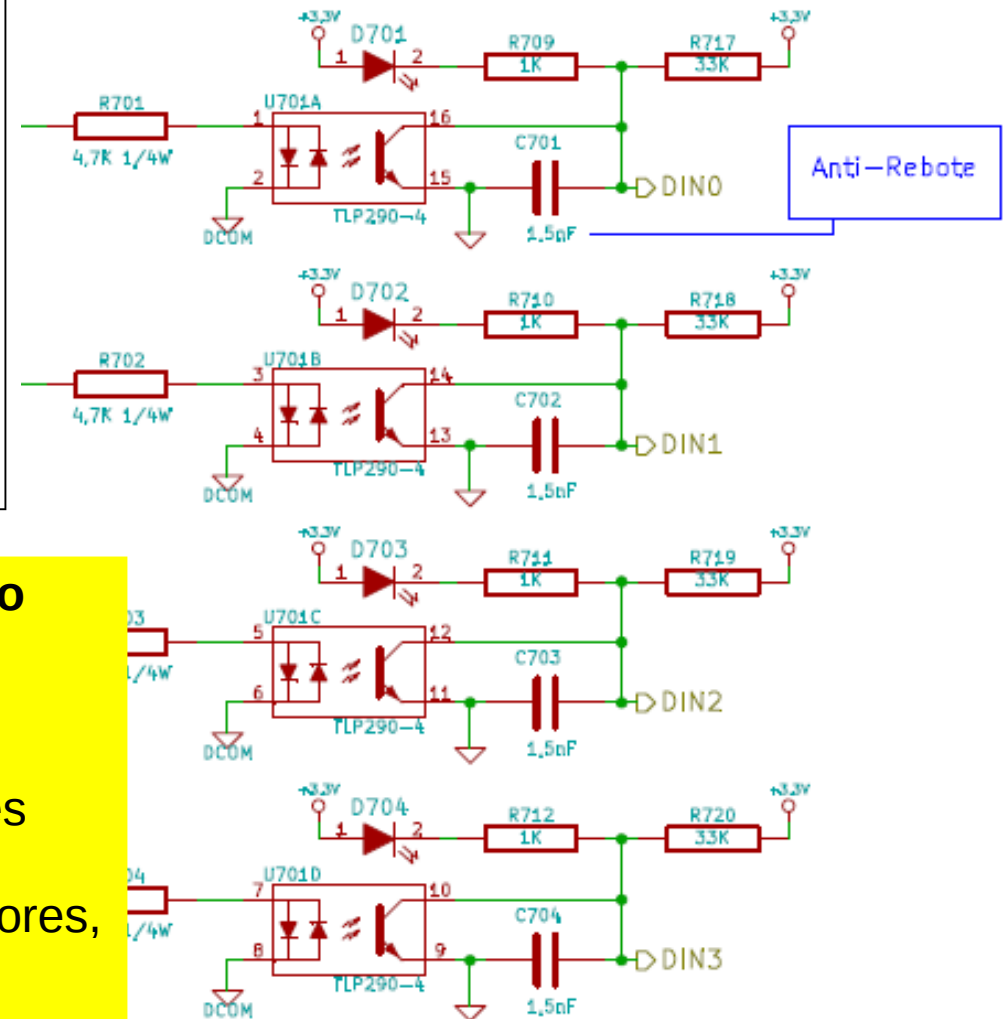


VENTAJAS

- Se desacopla el formato físico del componente de su utilización en el esquemático.
- Mejora la comprensión del circuito esquemático.

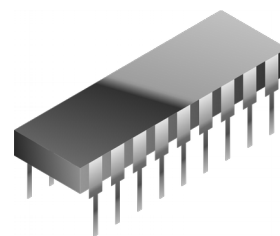
Se utilizan mucho en:

- Compuertas
- Operacionales
- Optoacopladores
- Buffers.
- Arrays de resistores, capacitores, transistores, etc.

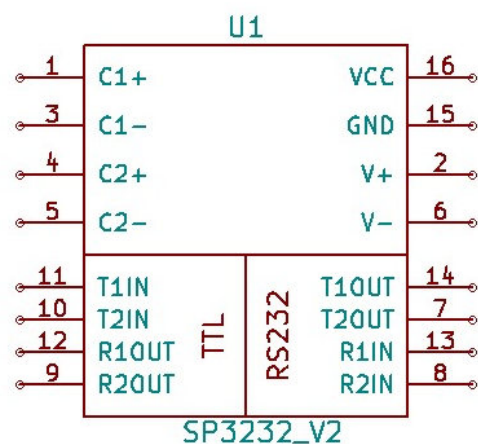


Símbolos del esquemático - multiparte irregular

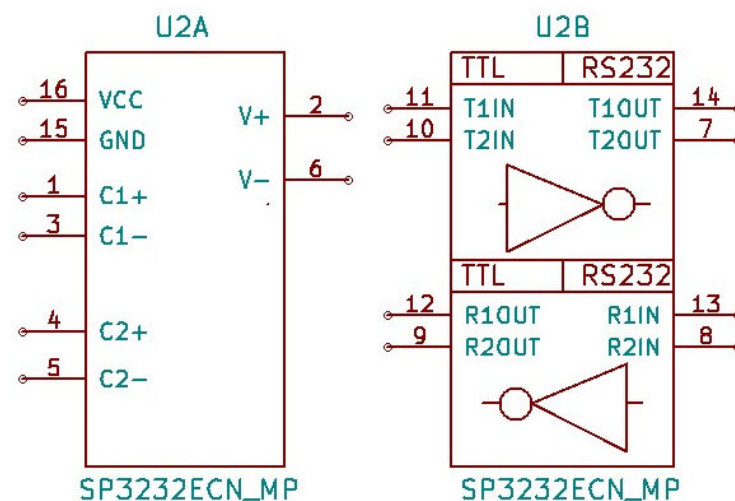
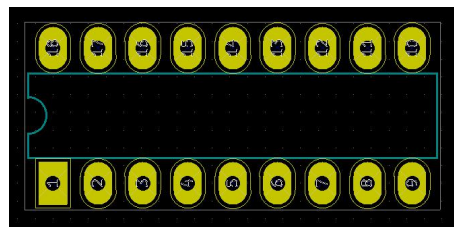
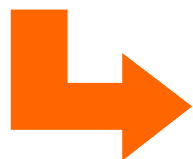
Los componentes con varias unidades diferentes dentro también se pueden representar como símbolo multiparte, pero irregular ya que sus partes no son todas iguales.



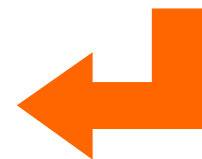
En el ejemplo, el multiparte separa el conexionado de alimentación de los adaptadores de nivel. Esto puede aportar claridad al esquemático.



Un driver RS-232 como símbolo simple.



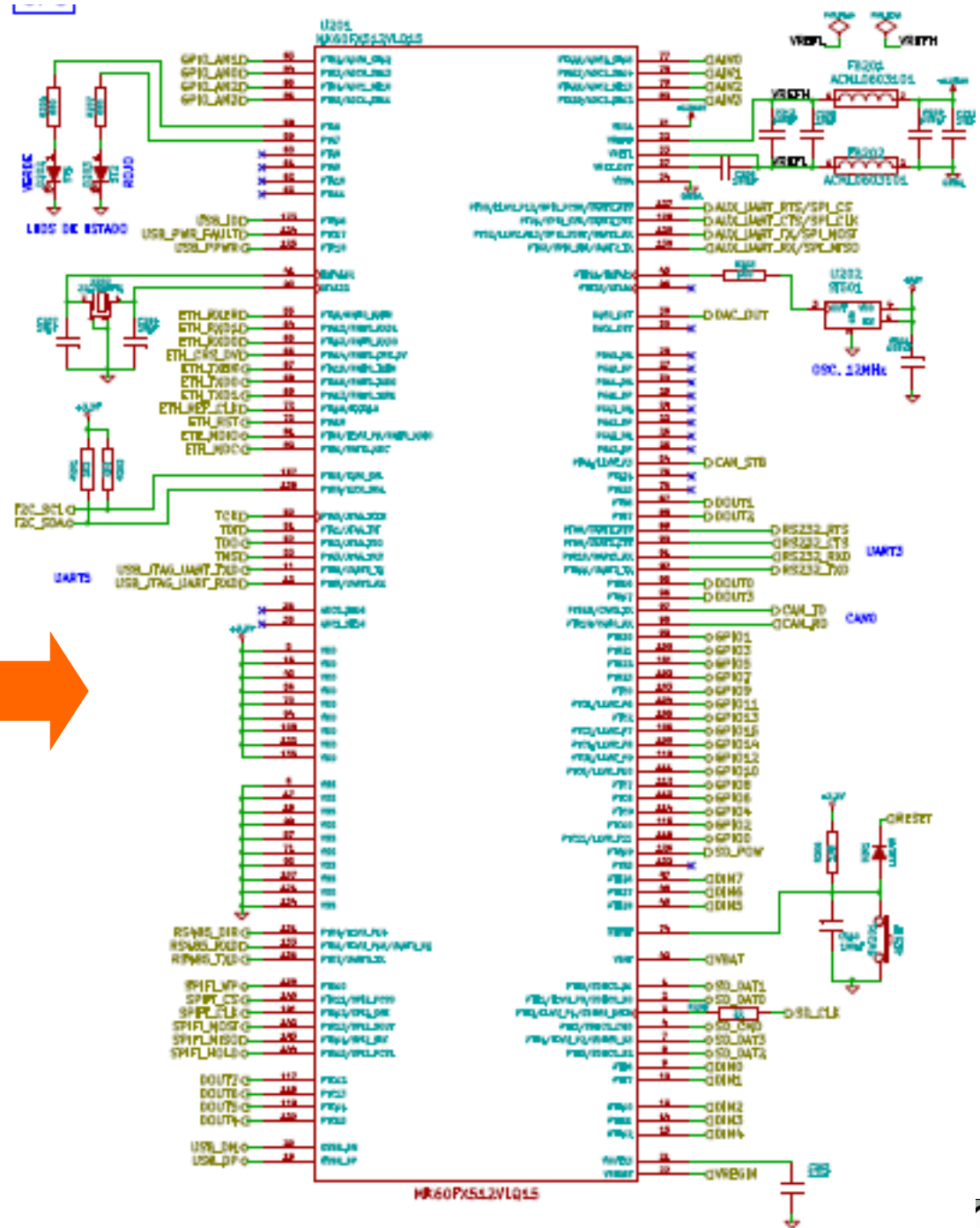
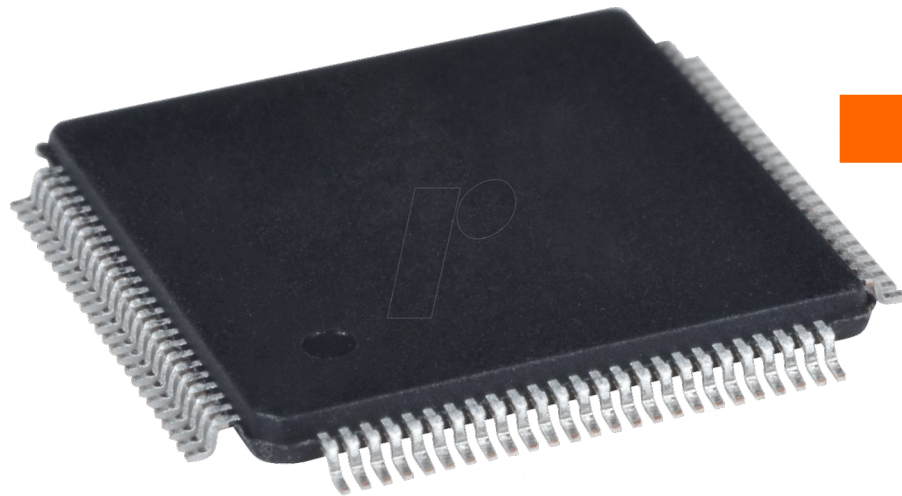
Un driver RS-232 como símbolo multiparte irregular.



Símbolos del esquemático - De muchos pines

Los componentes de muchos pines merecen atención especial.

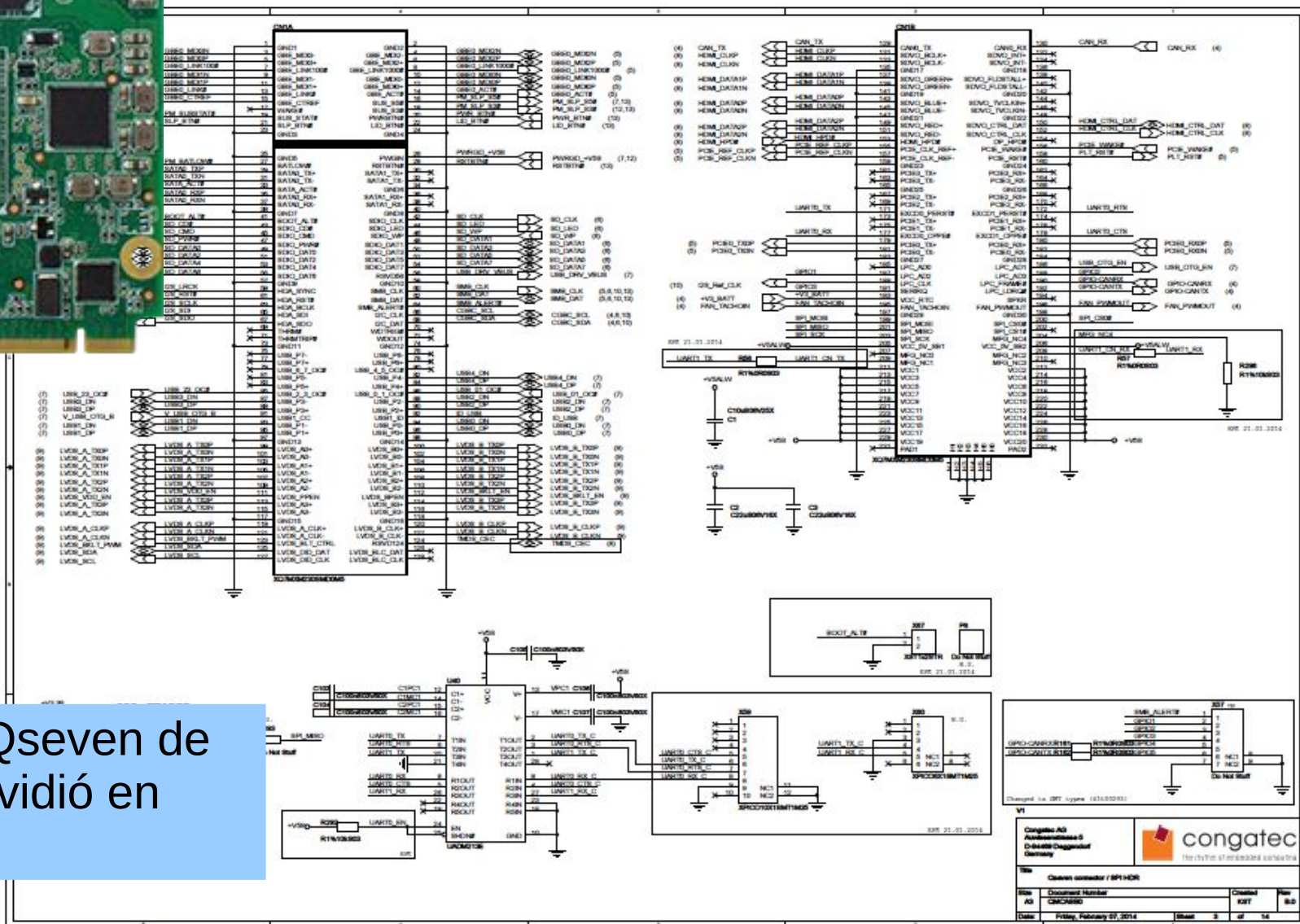
Se pueden incorporar como un símbolo único.



Símbolos del esquemático - De muchos pines



O se pueden incorporar como un símbolo multiparte regular o irregular.



Este conector Qseven de 232 pines se dividió en dos unidades.

<http://www.congatec.com/en/products/qseven/conga-qmx6.html>

http://www.congatec.com/fileadmin/user_upload/Documents/Technical_Documents/qmcasb0.pdf

Símbolos del esquemático - Campos de información

Los símbolos del esquemático tienen campos de información asociados a ellos.

Obligatorios

REFERENCIA

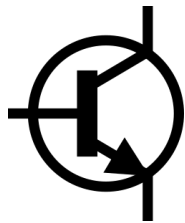
Identifica al componente en todo el diseño. Es **OBLIGATORIO**. Compuestos por una o dos letras y un número.

VALOR

Valor del componente, o modelo. Es un campo **LIBRE** para que el desarrollador complete.

HUELLA

Indica que footprint será asociado en el PCB. Debe ser completado por el diseñador, pero puede ser semi-automático.



DESCRIPCIÓN

FABRICANTE

CODIGO

HOJA DATOS

PRECIO

TEMP.

Se pueden agregar campos, la mayoría son optativos. En diseños complejos se los debe aprovechar.

Las letras usadas para las referencias están normalizadas en IEEE-315-1975. Más información en: https://en.wikipedia.org/wiki/Reference_designator

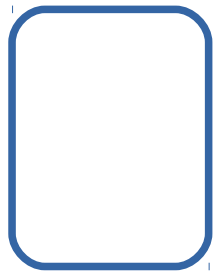
Un error muy común en los primeros esquemáticos es confundir REFERENCIA con VALOR.

Símbolos del esquemático - Referencias

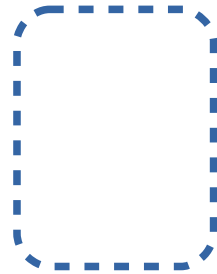
El campo de referencia es uno de los más importantes.

REFERENCIA
(Reference designator)

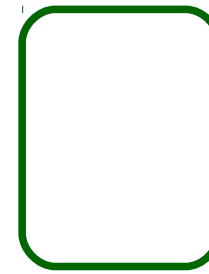
Identifica al componente en todo el diseño. Es **OBLIGATORIO**.
Compuesto por una o dos letras y un número.



UNA LETRA
OBLIGATORIA Y
HASTA DOS LETRAS



NÚMERO DE
ORDEN
OBLIGATORIO



LETRA PARA
MULTIPARTES

Ejemplos:

- R20
- C205
- U3
- U4B
- JP10

Símbolos del esquemático - Referencias

Designator	Component Type
A	Separable assembly or sub-assembly (e.g. printed circuit assembly)
AT	Attenuator or isolator
BR	Bridge rectifier
BT	Battery
C	Capacitor
CN	Capacitor network
D	Diode (including LED, TVS, Thyristor, Zener)
DL	Delay line
DS	Display
F	Fuse
FB	Ferrite bead
FD	Fiducial
FL	Filter
G	Generator or oscillator
GN	General Network
H	Hardware, e.g., screws, nuts, washers
HY	Circulator or directional coupler
J	Jack (least-movable connector of a connector pair) Jack connector (connector may have "male" pin contacts and/or "female" socket contacts)
JP	Jumper (Link)
K	Relay or contactor
L	Inductor or coil or ferrite bead
LS	Loudspeaker or buzzer

Designator	Component Type
M	Motor
MK	Microphone
MP	Mechanical part (including screws and fasteners)
P	Plug (most-movable connector of a connector pair) Plug connector (connector may have "male" pin contacts and/or "female" socket contacts)
PS	Power supply
Q	Transistor (all types)
R	Resistor
RN	Resistor network
RT	Thermistor
RV	Varistor
S	Switch (all types, including push-buttons)
T	Transformer
TC	Thermocouple
TP	Test point
U	Integrated Circuit (IC)
V	Vacuum tube
VR	Variable resistor (potentiometer or rheostat)
X	Socket connector for another item not P or J, paired with the letter symbol for that item (XV for vacuum tube socket, XF for fuse holder, XA for printed circuit assembly connector, XU for integrated circuit connector, XDS for light socket, etc.)
Y	Crystal or oscillator
Z	Zener diode

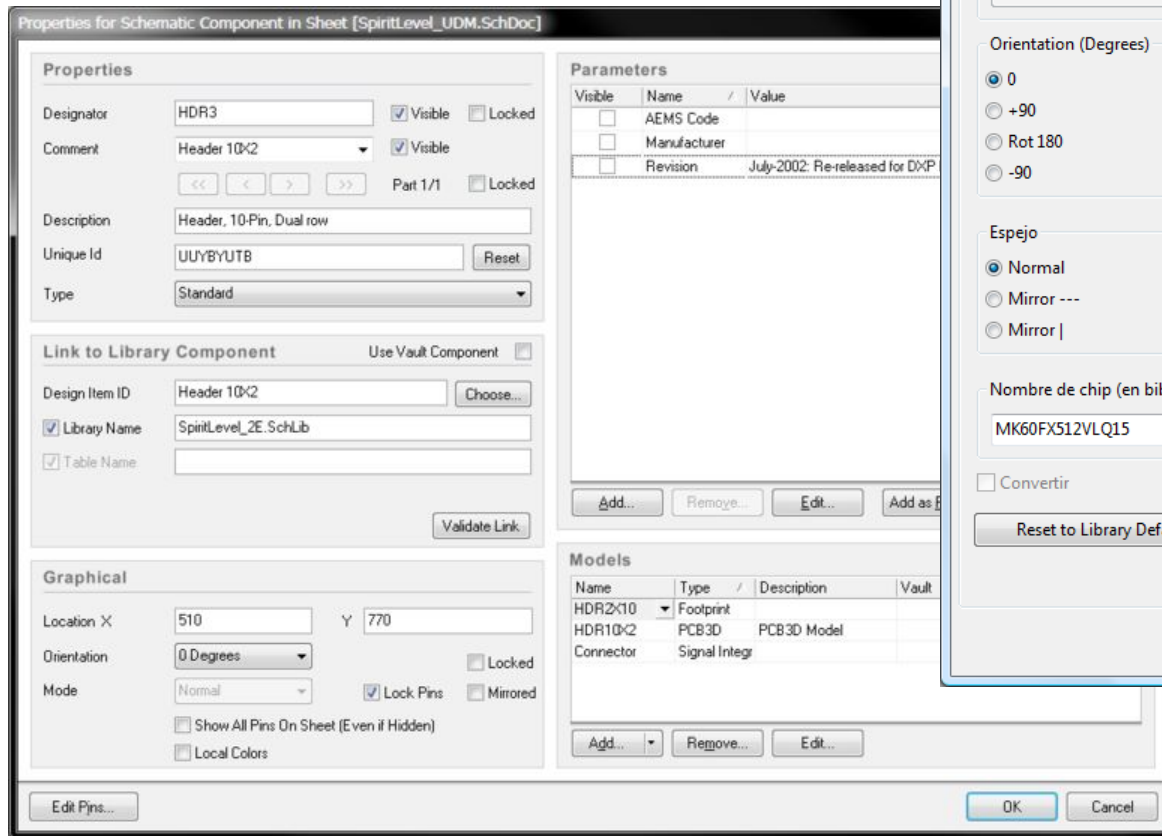


Símbolos del esquemático - Campos de información

La mayoría de los programas para ingresar esquemático contemplan el uso de campos adicionales para el usuario además de referencia y valor.

KiCAD

Altium



Properties for Schematic Component in Sheet [SpiritLevel_UDM.SchDoc]

Properties

Designator: HDR3 ☒ Visible ☐ Locked

Comment: Header 10x2 ☒ Visible

Description: Header, 10-Pin, Dual row

Unique Id: UUYBYUTB

Type: Standard

Link to Library Component ☐ Use Vault Component

Design Item ID: Header 10x2

☒ Library Name: SpiritLevel_2E.SchLib

☒ Table Name:

Graphical

Location X: 510 Y: 770

Orientation: 0 Degrees ☐ Locked

Mode: Normal ☒ Lock Pins ☐ Mirrored

☐ Show All Pins On Sheet (Even if Hidden)

☐ Local Colors

Parameters

Visible	Name	Value
<input type="checkbox"/>	AEMS Code	
<input type="checkbox"/>	Manufacturer	
<input type="checkbox"/>	Revision	July-2002: Re-released for DXP

Models

Name	Type	Description	Vault
HDR2x10	Footprint		
HDR10x2	PCB3D	PCB3D Model	
Connector	Signal Integr		

Component Properties

Opciones

Unidad: 1

Orientation (Degrees): ☒ 0 ☐ +90 ☐ Rot 180 ☐ -90

Espejo: ☒ Normal ☐ Mirror --- ☐ Mirror |

Nombre de chip (en biblioteca): MK60FX512VLQ15

☐ Convertir

Campos

Nombre	Valor ...
Referencia ...	U201
Valor ...	MK60FX512VLQ15
Módulo	LQFP144
Datasheet	~
Descripción	MCU ARM 512KB FLASH
Fabricante	Freescall Semiconductor
Nro. parte	MCIMX6D5EYM10AC
Path datasheet	../datasheets/K60/K60P144M150S
Digikey/Mouser	MK60FX512VLQ15-ND
Footprint estándar	~

Text Justification:

Horiz. Justify: ☐ Izquierda ☒ Centrar ☐ Derecha

Vert. Justify: ☐ Bottom ☒ Centrar ☐ Top

Visibility

☒ Show ☐ Rotación

Style:

☒ Normal ☐ Italic ☐ Bold ☐ Bold Italic

Field Name: Referencia ...

Field Value: U201

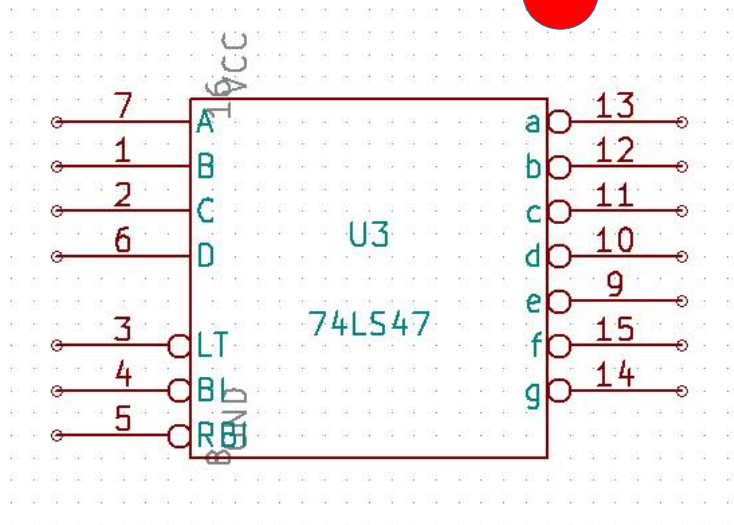
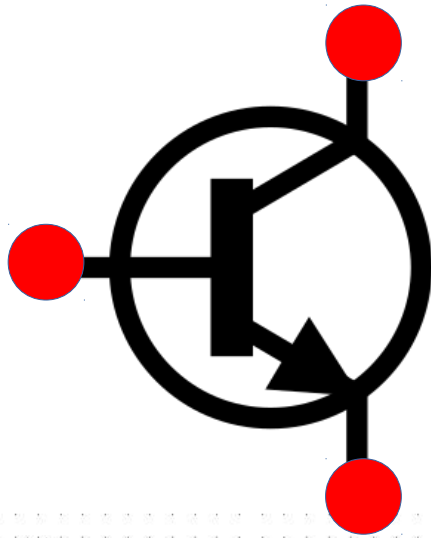
Tamaño (mm): 1,524

Pos X (mm): -26,670 **Pos Y (mm):** 99,060

[http://techdoc.altium.com/display/ADRR/Sch_Dlg-SchComponentPropertiesForm\(\(Properties+for+Schematic+Component\)\)_AD](http://techdoc.altium.com/display/ADRR/Sch_Dlg-SchComponentPropertiesForm((Properties+for+Schematic+Component))_AD)

Símbolos del esquemático - Pin de conexión

Los símbolos, además del dibujo propio, tiene puntos de conexión. Estos puntos definen donde debe realizarse la conexión. Además estos puntos tienen propiedades que indican el tipo de terminal.

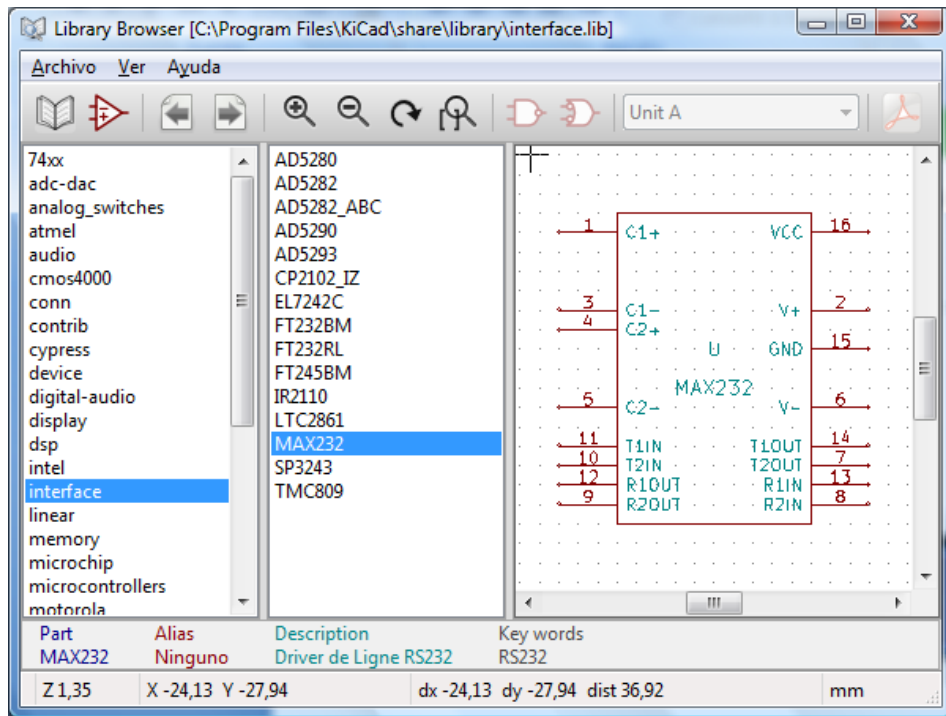


Los puntos de conexión generalmente tienen asociada alguna propiedad que luego permite hacer una verificación general. Por ejemplo:

- **Entrada**
- **Salida**
- **Entrada de alimentación**
- **Salida de alimentación**
- **Colector abierto**
- **Pasivo**

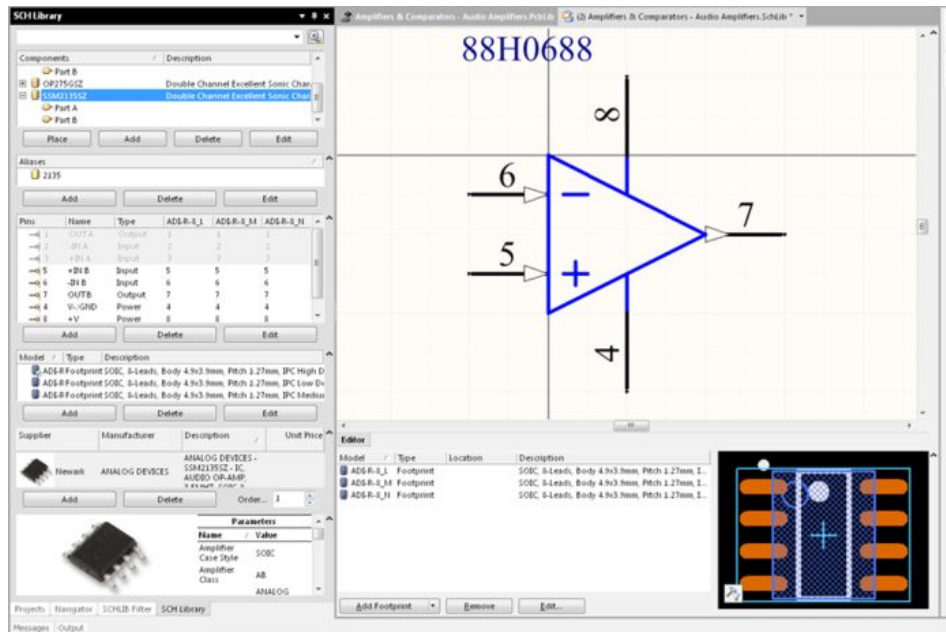
Tabla de pines			
Número	Nombre	Tipo	Posición
8	GND	Entrada de alimentación	(-300,-400)
16	VCC	Entrada de alimentación	(-300,400)
1	B	Entrada	(-700,250)
2	C	Entrada	(-700,150)
3	LT	Entrada	(-700,-150)
4	BI	Entrada	(-700,-250)
5	RBI	Entrada	(-700,-350)
6	D	Entrada	(-700,50)
7	A	Entrada	(-700,350)
9	e	Colector abierto	(700,-50)
10	d	Colector abierto	(700,50)
11	c	Colector abierto	(700,150)
12	b	Colector abierto	(700,250)
13	a	Colector abierto	(700,350)
14	g	Colector abierto	(700,-250)
15	f	Colector abierto	(700,-150)

Esquemático - Bibliotecas de símbolos



La mayoría de los símbolos se agrupan en bibliotecas (librerías). Dependiendo el software utilizado se agrupan con diferentes criterios:

- Tecnología.
- Fabricante.
- Funcionalidad.
- Tipo de elemento.

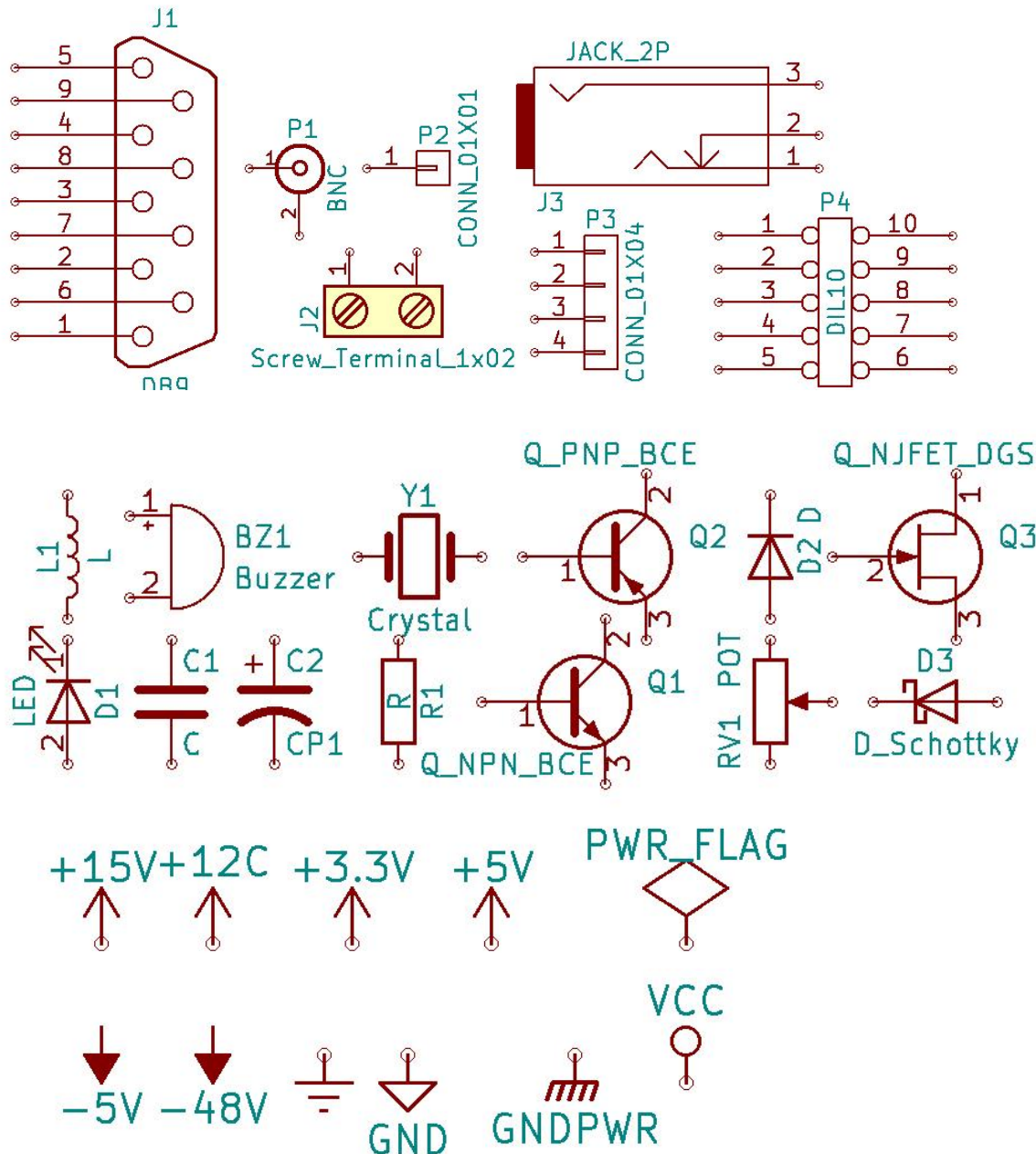


Según la procedencia de las bibliotecas podemos dividir las en:

- Provistas por el software de diseño.
- Propias.
- Provistas por un tercero.

Esquemático - Bibliotecas de símbolos

Por ejemplo, las principales bibliotecas de KiCad son:



CONN
Conectores de propósito general.

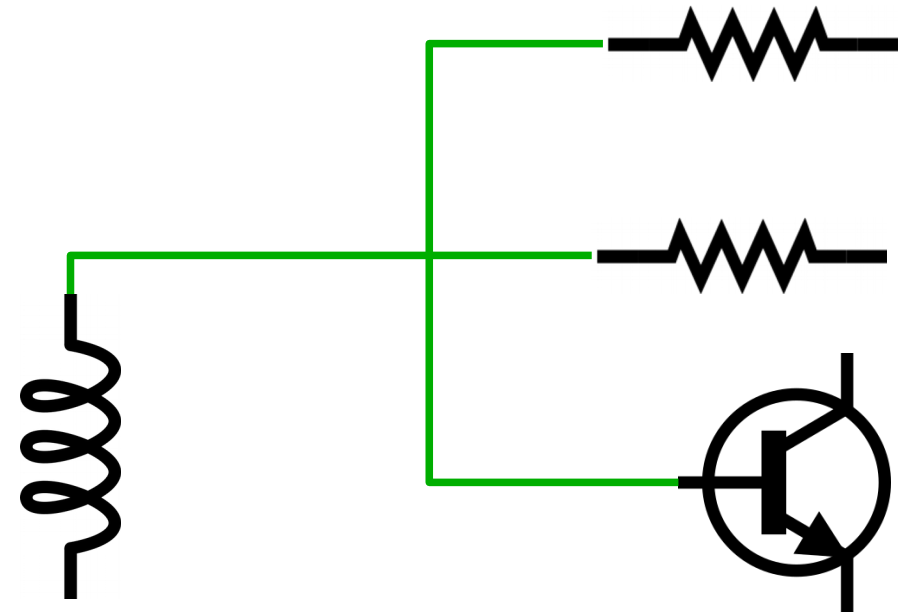
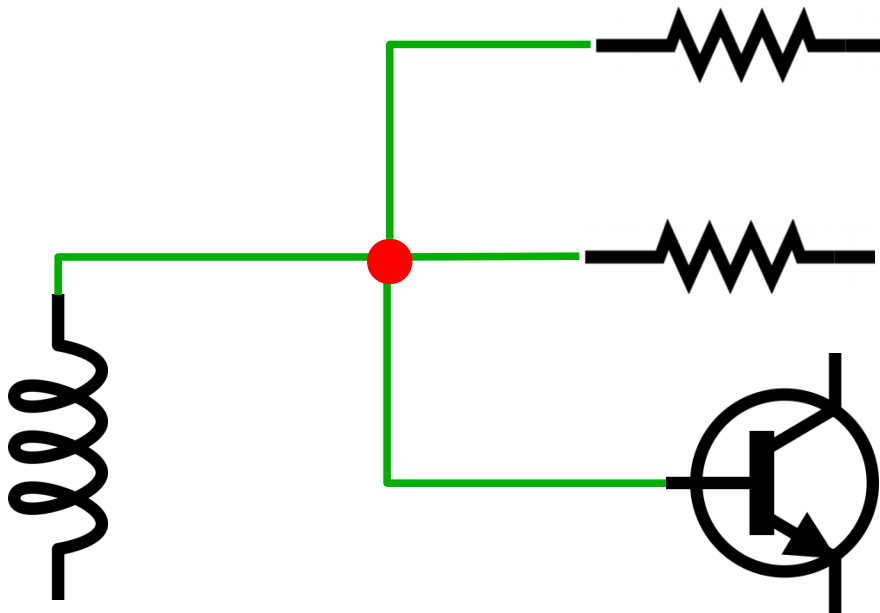
DEVICE
Dispositivos electrónicos
DISCRETOS de todo tipo, cubre
los más utilizados en electrónica.
En general de pocos terminales
(uno a seis terminales), salvo los
arrays de resistores.

POWER
Referencias de alimentación,
power flag y distintos tipos de
tierra.

Esquemático - Líneas de interconexión y uniones

Las líneas de interconexión (cables o wires) unen terminales formando los nodos.

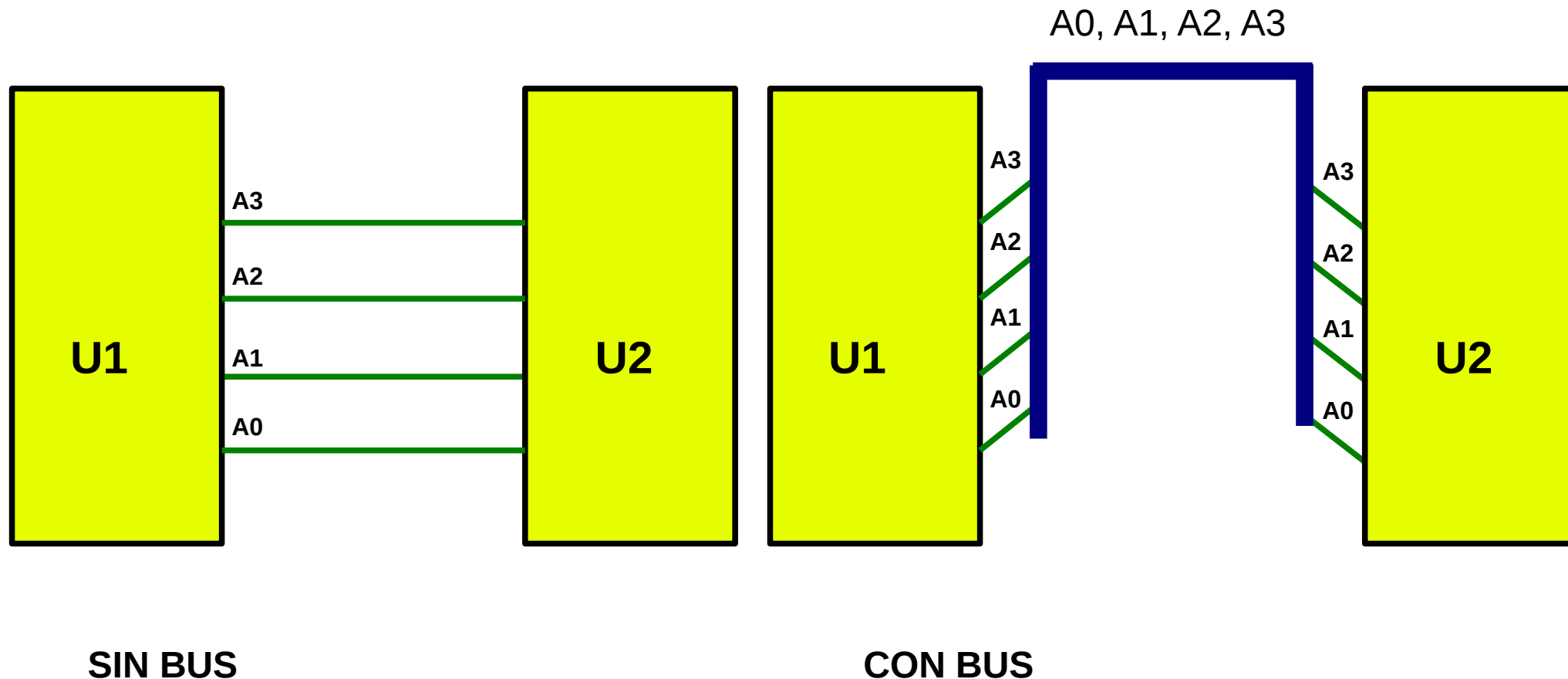
Las uniones (junction) marcan los puntos donde se unen segmentos. Son de utilidad para evidenciar los casos donde las líneas se cruzan pero no se conectan.



Esquemático - Interconexiones - buses

Las líneas de interconexión de bus, agrupan varias interconexiones.

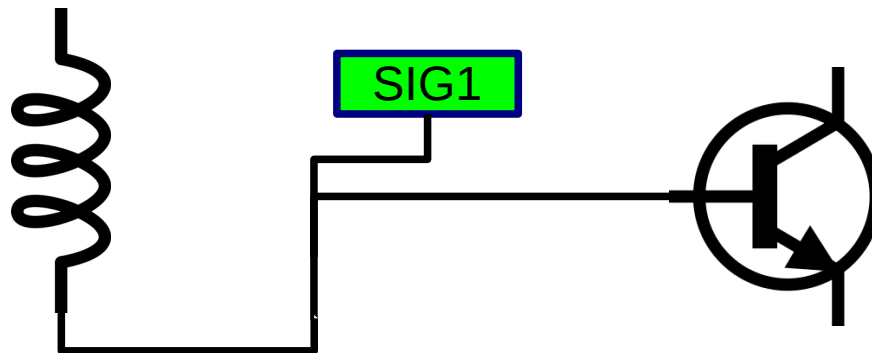
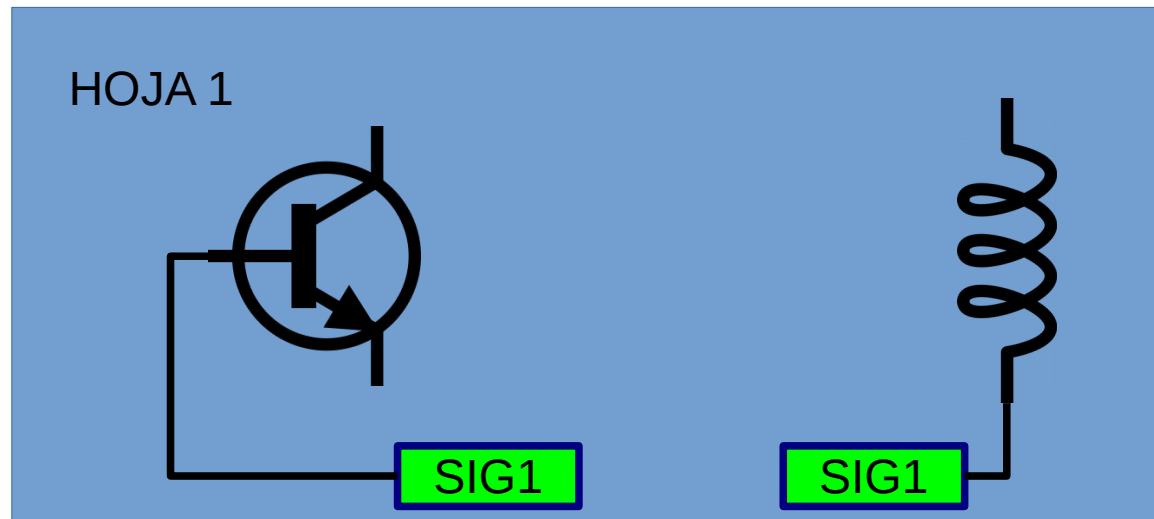
Se utilizan en los casos de señales asociadas y para dar claridad al esquemático.



Esquemático - Interconexiones - Etiquetas locales

Las etiquetas locales permiten realizar interconexiones sin utilizar líneas visibles.

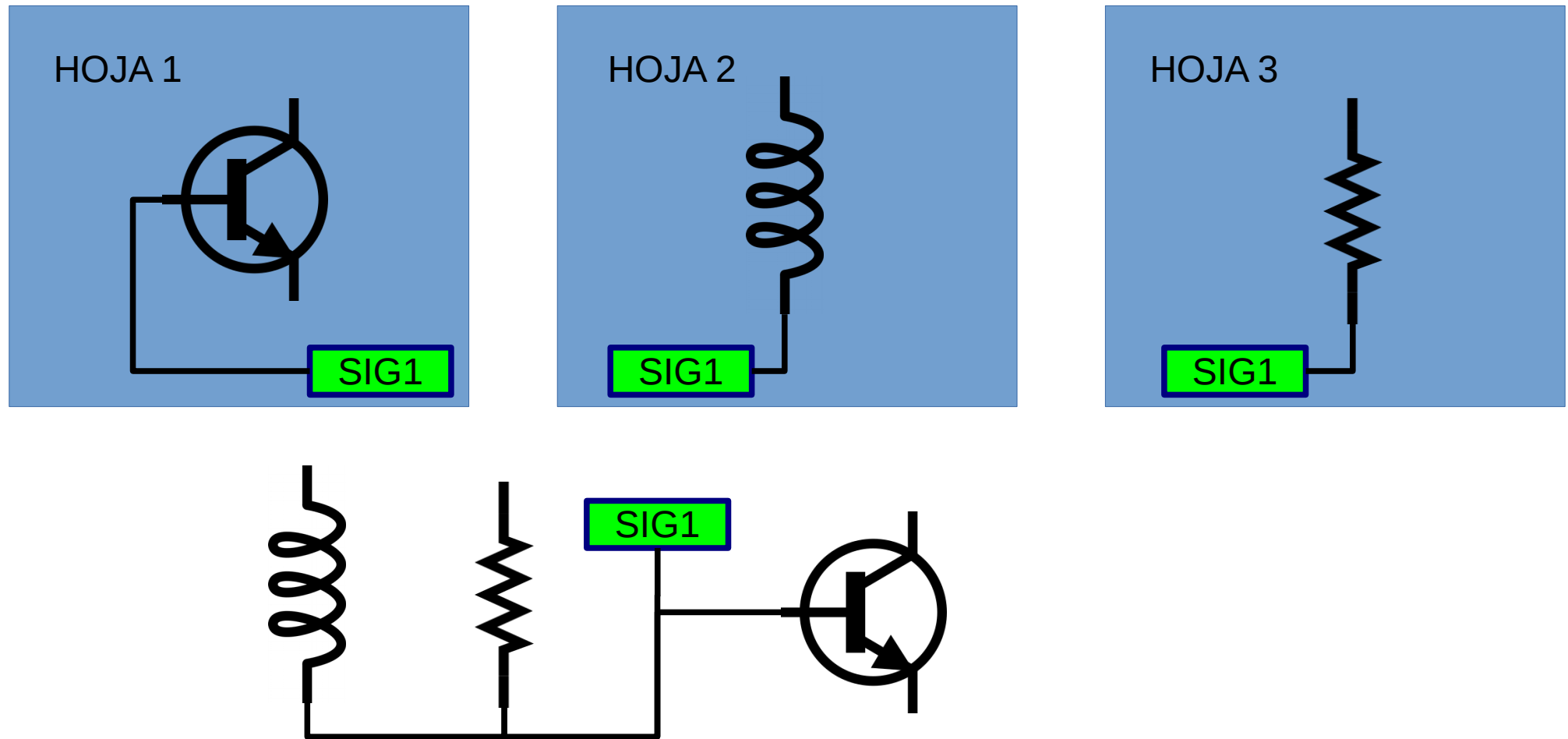
Las etiquetas locales solo tienen alcance dentro de la hoja donde son creadas.



Esquemático - Interconexiones - Etiquetas globales

Las etiquetas globales permiten definir nodos realizando interconexiones sin utilizar líneas visibles.

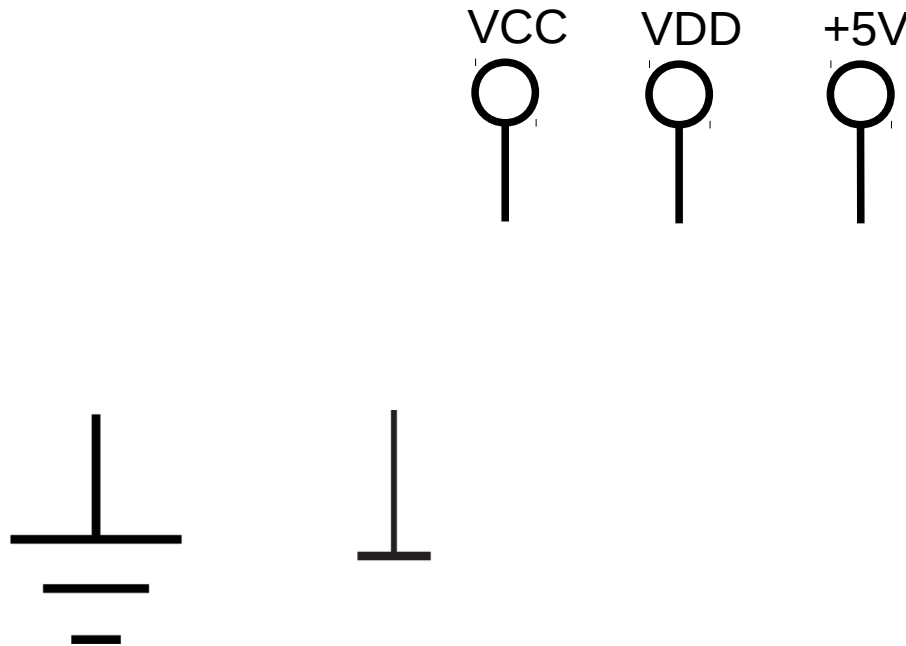
Las etiquetas globales aplican a todas las hojas de un esquema.



Esquemático - Interconexiones - Referencia de tensión

Las referencias de tensión son un tipo particular de etiquetas globales.

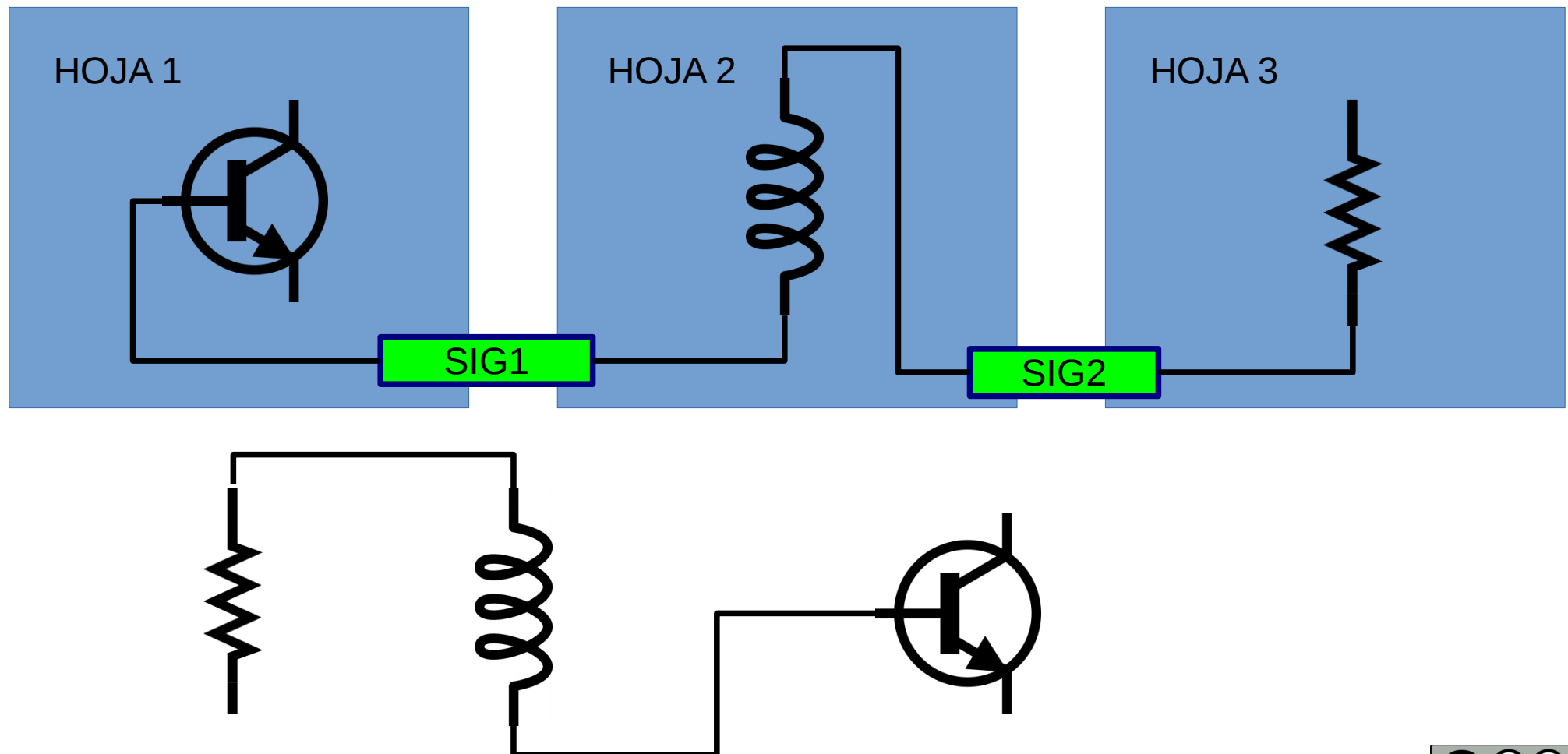
Aplican a todas las hojas de un circuito.



Esquemático - Interconexiones - Etiquetas jerárquicas

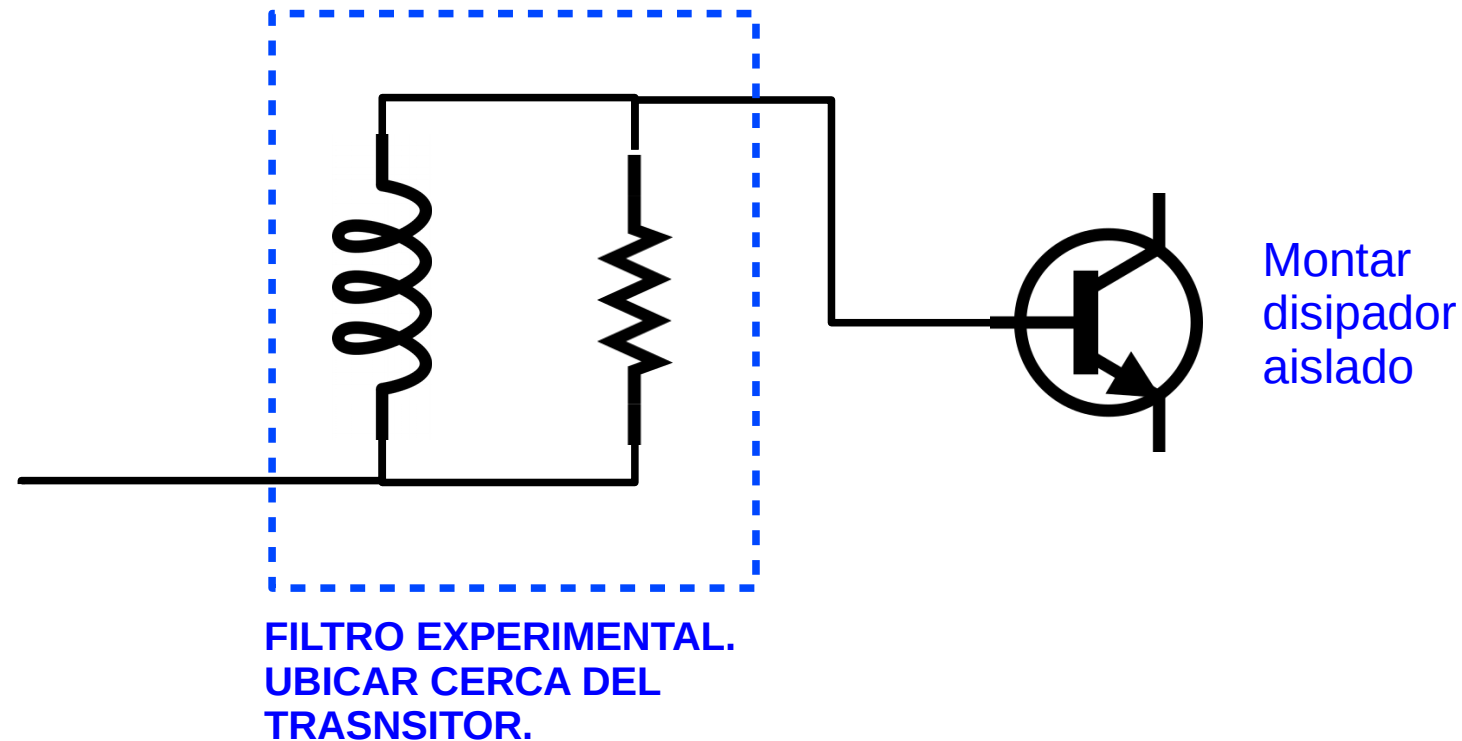
Las etiquetas jerárquicas permiten ir de una hoja a la otra en forma específica.

Las etiquetas jerárquicas solo aplican a las dos hojas involucradas.



Esquemático - Textos, gráficos y líneas adicionales

Los textos o notas en el circuito son de gran utilidad para el posterior diseño del pcb, fabricación, prueba y medición del circuito. Se pueden especificar ubicación de componentes, características de las líneas, información de jumpers, consideraciones de ensamblaje, aclaraciones de funcionamiento, etc.

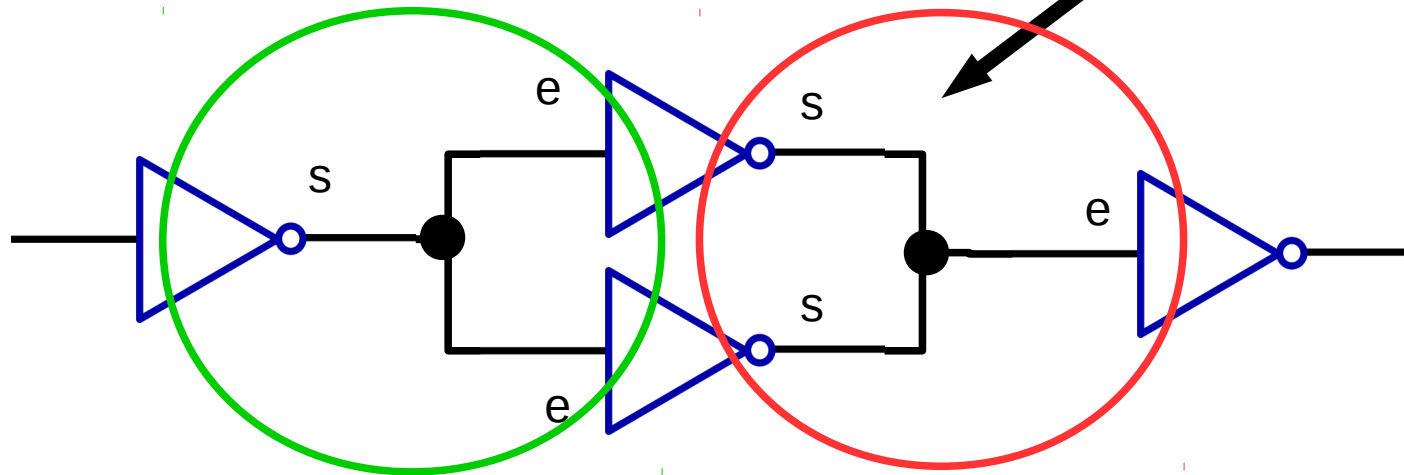


Esquemático - ERC (Electrical Rules Check)

El Electric Rule Check es una herramienta de verificación que analizará las conexiones realizadas, basándose en la información del tipo de pin y otras reglas generales.

Algunas de las situaciones que puede reportar el ERC:

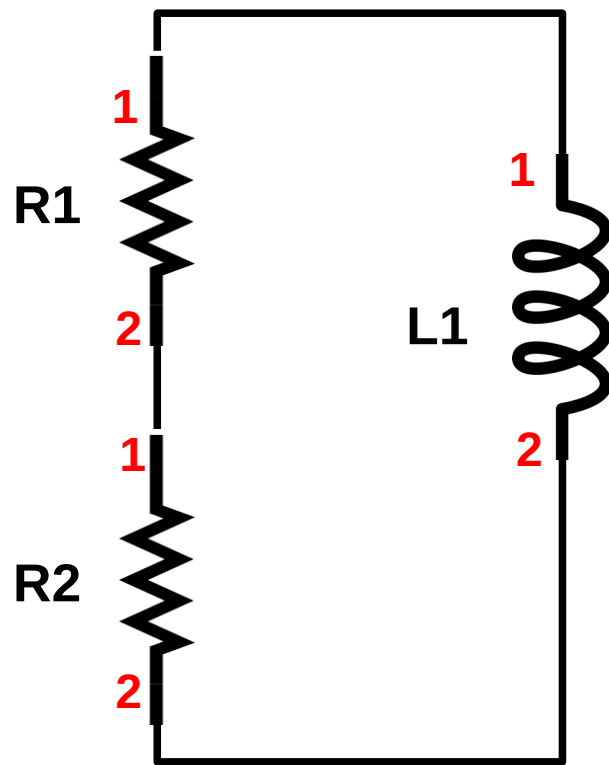
- Conexiones sin terminar (abiertas).
- Más de un pin de salida en un nodo.
- Un pin de entrada de alimentación sin un pin de salida de alimentación en el mismo nodo.



Error de ERC: Dos salidas en el mismo nodo.

Esquemático - Netlist

El Netlist es un listado de las conexiones eléctricas del circuito desarrollado. Es la forma más común de comunicar el esquemático con el PCB. Está estandarizado como EDIF (Electronic Design Interchange Format) .



```
NETS
NET 1
    R1-pin1
    L1-pin1
NET2
    R1-pin2
    R2-pin1
NET3
    R2-pin2
    L1-pin2
```

El netlist además puede tener información adicional como encapsulados, bibliotecas y nombres para recuperar los símbolos usados, información de valor y campos adicionales, etc.

Esquemático - Lista de materiales - Bill of Materials (BOM)

Bill of Materials For Project [4 Port Serial Interface.PRJPCB] (PCB Document : 4 Port Serial Interface.PcbDoc)

Grouped Columns	Show	Comment	Description	Designator	Footprint	LibRel	Quantity
Comment	<input checked="" type="checkbox"/>	0.1uF	Capacitor 0.2 pitch	C1, C2, C3, C4, C5	RAD0.2	CAP 2M	
Footprint	<input checked="" type="checkbox"/>	20pF	Capacitor 0.2 pitch	C13	RAD0.2	CAP 2M	
		50pF	Capacitor 0.2 pitch	C14	RAD0.2	CAP 2M	
		10uF	Electrolytic Capacitor	C15, C16, C17	TANT 2M/2M	ELECTR01, ELECT	
		1N4004		D1, D2	DIODE0.4	DIODE	
		DB37		J1	DB37RA/F	DB37	
		CON AT62B		P1	ECN-IBMKT	CON AT62B	
		1M		R1	AXIAL0.4	RES1	
		1K5		R2	AXIAL0.4	RES1	
		10K	RESISTOR NETWORK	RP1	SIP9	RESPACK 8CDMMK	
		BASE ADDRESS		S1	DIP16	SW DIP-8	
		INTERRUPT SELECT		S2	DIP8	SW DIP-4	
		TL16C554		U1	PGA68K11_SKT	TL16C554	
		1488	TTL RS232 DRIVER	U2, U3, U4	DIP14		
		1489	1489 RS232-TTL C	U5, U6, U7, U8, U9	DIP14		
		P22V10	24-PIN TTL VERSA	U10	SDIP24		
		74HC32	Quad 2-IN Pos Or G	U11	DIP14		
		1.8432MHz		XTAL1	XTAL1		

Export Options

File Format: Microsoft Excel Worksheet (*.xls)

☐ Add to Project ☐ Open Exported

☒ Relative Path to Template File

Menu Export ☐ Force Columns to View ☐ Include Parameters From Database ☒ Include Parameters From

Bill of Materials					
Bill of Materials For Project [4 Port Serial Interface.PRJPCB]					
Source Data From: 4 Port Serial Interface.PRJPCB					
Project: 4 Port Serial Interface.PRJPCB					
Variant: None					
Creation Date: 17/11/2005 7:07:20 PM					
Print Date: 17-Nov-05 7:07:23 PM					
Footprint	Comment	LibRef	Designator	Description	Quantity
RAD0.2	0.1uF	CAP 2M	C1, C2, C3, C4, C5, C8, C9, C10, C11	Capacitor 0.2 pitch	10
RAD0.2	20pF	CAP 2M	C13	Capacitor 0.2 pitch	1
RAD0.2	50pF	CAP 2M	C14	Capacitor 0.2 pitch	1
TANT 2M/2M	10uF	ELECTR01, ELECT	C15, C16, C17	Electrolytic Capacitor RB mount	3
DIODE0.4	1N4004	DIODE	D1, D2		2
DB37RA/F	DB37	DB37	J1		1
ECN-IBMKT	CON AT62B	CON AT62B	P1		1
AXIAL0.4	1M	RES1	R1		1
AXIAL0.4	1K5	RES1	R2		1
SIP9	10K	RESPACK 8CDMMK	RP1	RESISTOR NETWORK 8 COMMON RESIS	1
DIP16	BASE ADDRESS	SW DIP-8	S1		1
DIP8	INTERRUPT SELECT	SW DIP-4	S2		1
PGA68K11_SKT	TL16C554	TL16C554	U1		1
DIP14	1488	1488_1	U2, U3, U4	TTL-RS232 DRIVER	3
DIP14	1489	1489_1	U5, U6, U7, U8, U9	1489 RS232-TTL CONVERTOR	5
SDIP24	P22V10	P22V10	U10	24-PIN TTL VERSATILE PAL DEVICE	1
DIP14	74HC32	SN7432	U11	Quad 2-IN Pos Or G	1
XTAL1	1.8432Mhz	CRYSTAL	XT1		1
Approved					36
Notes					

Es un listado de los componentes utilizados en el circuito.

La información de este listado se extrae de los campos de propiedades de los componentes.

Es parte importante de la documentación ya que sirve para calcular precios, ver cantidades y buscar proveedores.

Autores de esta presentación y contacto:
Diego Brengi - djavier@ieee.org
Colaboración de Ignacio Zaradnik en las primeras versiones. izaradnik@yahoo.com.ar

Versión
29/10/17

Glosario: Documentación y esquemático.
“Curso de diseño de circuitos impresos”
Preparado para la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos del LSE-FIUBA (CESE)

Glosario: Documentación y esquemático.
“Taller de Electrónica”
Usado para el Taller de Electrónica de la Universidad Nacional de La Matanza.

Las imágenes de clipart se tomaron de: <https://openclipart.org/>

Imagen de portada de dominio público:
<https://pixabay.com/es/servidor-placa-de-circuito-906525/>

Todas las capturas de pantalla fueron realizadas por los autores y están bajo la misma licencia que esta presentación.

El resto de las imágenes se cita la fuente debajo de cada una.